



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> :</b> <b>G06T 17/20</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 00/42575</b> <b>(43) Date de publication internationale:</b> 20 juillet 2000 (20.07.00)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR00/00046 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 11 janvier 2000 (11.01.00) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 99/00304 11 janvier 1999 (11.01.99) FR <b>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR). TELEDIFFUSION DE FRANCE [FR/FR]; 10, rue d'Oradour-sur-Glane, F-75732 Paris Cedex 15 (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):</b> LAURENT-CHATENET, Nathalie [FR/FR]; 24, square Georges Travers, F-35700 Rennes (FR). ALLIEZ, Pierre [FR/FR]; 42, Cours de la Vilaine, F-35510 Cesson Sévigné (FR). <b>(74) Mandataire:</b> VIDON, Patrice; Cabinet Patrice Vidon, Immeuble Germanium, 80, avenue des Buttes de Coësmes, F-35700 Rennes (FR).		<b>(81) Etats désignés:</b> CA, CN, JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>
<b>(54) Title:</b> METHOD FOR SIMPLIFYING A SOURCE MESH, TAKING INTO ACCOUNT THE LOCAL CURVATURE AND THE LOCAL GEOMETRY, AND CORRESPONDING USES <b>(54) Titre:</b> PROCEDE DE SIMPLIFICATION D'UN MAILLAGE SOURCE, TENANT COMPTE DE LA COURBURE LOCALE ET DE LA DYNAMIQUE GEOMETRIQUE LOCALE, ET APPLICATIONS CORRESPONDANTES <b>(57) Abstract</b> <p>The invention concerns a method for simplifying a source mesh M formed by a plurality of surfaces defined by vertices, faces and orientations thereon, said method comprising a decimation step by merging the edges, which consists in associating with an edge to be decimated, defined by two apices, a single vertex, so as to obtain a simplified mesh M', said method comprising a step which consists in selecting one edge merger among all the possible edge mergers, taking into account: at least an information representing the locally defined dynamic geography.</p> <b>(57) Abrégé</b> <p>L'invention concerne un procédé de simplification d'un maillage source M formé d'une pluralité de surfaces définies par des sommets, des faces et des orientations sur ces dernières, ledit procédé mettant en oeuvre une étape de décimation par fusion d'arête, consistant à associer à une arête à décimer, définie par deux sommets, un sommet unique, de façon à obtenir un maillage simplifié M', ledit procédé comprenant une étape de sélection d'une fusion d'arête à effectuer, parmi toutes les fusions d'arête possibles, tenant compte: d'au moins une information représentative de la courbure définie localement autour de l'arête considérée; d'au moins une information représentative de la dynamique géométrique définie localement.</p>		

### UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

**Procédé de simplification d'un maillage source, tenant compte de la courbure locale et de la dynamique géométrique locale, et applications correspondantes.**

**1 .      Domaine de l'invention et applications**

**5      1.1      Domaine de l'invention**

Le domaine de l'invention est celui du codage de structures de données géométriques, ou maillages, notamment de grande taille. Plus précisément, l'invention concerne la représentation et le codage d'objets ou de scènes en trois dimensions. Plus précisément encore, l'invention concerne une technique  
10 d'approximation d'un maillage source en trois dimensions pouvant être utilisée seul, ou en combinaison avec d'autres techniques connues. Dans ce dernier cas, le procédé de l'invention peut constituer une étape avantageuse d'initialisation.

Un maillage est classiquement défini par un ensemble de sommets et de  
15 faces orientées définissant une topologie. De tels maillages sont par exemple utilisés en graphisme sur ordinateur, pour modéliser des objets en trois dimensions avec une complexité géométrique limitée.

L'approximation d'un maillage M consiste à trouver un maillage M' dont la complexité géométrique est moindre que celle du maillage M, et qui  
20 approche au mieux la géométrie de M.

**1.2      Exemples d'applications**

L'invention trouve des applications dans tous les domaines où il est souhaitable de réduire le nombre d'informations nécessaires pour représenter et/ou manipuler efficacement un objet en trois dimensions ou un ensemble d'objets, par  
25 exemple pour l'analyser, le stocker et/ou le transmettre et/ou en assurer le rendu.

A titre indicatif, l'invention peut notamment s'appliquer au domaine de :

6. la réalité virtuelle (visites ou boutiques virtuelles, loisirs, télémanipulation, etc...). Dans ce type d'application, l'approximation de maillages permet de réduire le coût de rendu de scènes complexes, en particulier en définissant la notion d'échelonnabilité sur les maillages (fonction du point de vue, des capacités graphiques, du taux de rafraîchissement souhaité, ...). Dans le cas de la réalité virtuelle distribuée ou partagée, cela permet également d'adapter la complexité d'une scène aux capacités de rendu et de stockage des différents terminaux, ainsi qu'aux débits des réseaux ;
- 10                   - la simulation scientifique (éléments finis, CAO, etc...). La réduction de la complexité géométrique des modèles permet une accélération des temps de calcul, une prise de décisions plus rapide, notamment lors de la conception en CAO, et l'élimination des informations redondantes dans une base de données 3D ;
- 15                   - la modélisation (scanner 3D (reconstruction de surfaces à partir de points non organisés), scanners volumiques, reconstruction de surfaces à partir de photos stéréoscopiques ou de séquences vidéo, de modèles numériques de terrains (imagerie satellite ou radar), etc...). Un modèle numérique de terrain permet ainsi l'obtention
- 20                   d'un maillage représentant la topologie d'une région. Un tel maillage est obtenu par l'échantillonnage régulier d'une image stockant l'information d'altitude en chaque point. Il en résulte une quantité de données importante, comprenant des informations inutiles pour la simulation scientifique, ou trop coûteuse pour le
- 25                   rendu (dans le cas de simulateurs). L'approximation de maillages

réduit la quantité de données, tout en garantissant une bonne fidélité géométrique aux données initiales et la conservation de la topologie.

## 2. Art antérieur

### 5 2.1 Les familles d'algorithmes

Plusieurs techniques d'approximation de maillages sont déjà connues. Les plus répandues peuvent être classées en trois grandes familles d'algorithmes selon qu'elles fonctionnent par :

- décimation ;
- 10 - ré-échantillonnage sous-critique ;
- subdivision adaptative.

#### 2.1.1 décimation

La décimation consiste à retirer de manière itérative des sommets et/ou des faces d'un maillage. Cette opération est appelée  
15 opération élémentaire de simplification. Les méthodes mettant en œuvre ce principe de décimation peuvent également optimiser les positions des sommets après ou pendant la simplification, cette dernière étant choisie de manière à préserver au mieux la topologie du maillage.

#### 2.1.2 ré-échantillonnage sous-critique

20 Le ré-échantillonnage consiste à échantillonner un modèle original, soit en prenant des points aléatoirement sur sa surface et en retriangulant ensuite soit en définissant une grille tridimensionnelle et en agglomérant les sommets dans chaque boîte élémentaire de la grille. Le modèle ainsi généré est simplifié, et doit approximer au mieux les

données initiales. Cette technique est rapide, mais ne conserve pas la topologie ni les caractéristiques visuellement importantes des maillages.

### 2.1.3 subdivision adaptative

5 La subdivision adaptative commence avec un modèle comportant une géométrie très simple, que l'on subdivise récursivement ensuite, en ajoutant à chaque itération un détail dans les régions où l'erreur d'approximation est maximale.

### 2.1.4 combinaisons d'algorithmes

10 De façon à permettre une approximation d'un maillage avec une qualité de reconstruction satisfaisante, il est nécessaire de combiner une décimation et une optimisation des positions des sommets conservés. En d'autres termes, l'objectif de base d'un procédé de codage d'un maillage source étant de maximiser la qualité de l'approximation pour une complexité géométrique donnée, celui-ci doit notamment présenter les propriétés suivantes :

- décimation ;
- préservation de la topologie ;
- optimisation des positions, suivant un critère d'erreur prédéfini.

20 On connaît ainsi une première méthode appelée « remaillage », répondant à ces critères. Elle est notamment présentée dans le document « re-tiling polygonal surfaces » par Greg TURK (SIGGRAPH 92 Conference proceedings, p. 55-64, 92). Elle fonctionne par échantillonnage, décimation et optimisation des positions.

Une autre technique connue, appelée « codages progressifs de maillages », a été développée par Hugues HOPPE, dans le document « Progressive meshes » (SIGGRAPH 96 Conference proceedings, p. 99-108, 1996). Elle repose sur la décimation et l'optimisation des points.

5            Encore une autre technique est décrite dans la demande de brevet FR-98 13090 déposée le 15/10/98, et non encore publiée.

3.        Objectifs de l'invention

L'invention concerne plus particulièrement la technique de décimation, mise en œuvre, par exemple par ces différentes techniques.

10           L'invention a notamment pour objectif de pallier les différents inconvénients des techniques connues.

Ensuite, un objectif de l'invention est de fournir un procédé de simplification de maillage par décimation (fusion d'arêtes), qui soit plus efficace, en termes de qualité perceptuelle, que les techniques connues.

15           En d'autres termes, un objectif de l'invention est de fournir un tel procédé présentant, jusqu'à un niveau élevé de décimation, une conservation des singularités des maillages, et une préservation de la topologie.

L'invention a également pour objectif de fournir un tel procédé, qui soit simple à mettre en œuvre, en termes de calculs à effectuer, et qui présente une  
20        bonne vitesse d'exécution.

Selon un premier aspect de l'invention, un autre objectif est de fournir un tel procédé, qui puisse être utilisé seul, afin de fournir une méthode rapide de simplification de maillages.

Selon un second aspect de l'invention, un objectif est de fournir un tel procédé de décimation, qui puisse être utilisé, de façon à l'améliorer, dans un procédé d'optimisation géométrique de maillage.

#### 4. Caractéristiques principales de l'invention

5 Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de simplification d'un maillage source M formé d'une pluralité de surfaces définies par des sommets, des faces et des orientations sur ces dernières, mettant en œuvre une étape de décimation par fusion d'arête, consistant à ramener une arête à décimer, définie par deux sommets, à un sommet unique se  
10 situant sur le segment défini par ladite arête à décimer, de façon à obtenir un maillage simplifié M'.

L'invention repose donc sur une approche nouvelle de la décimation, consistant à fusionner des arêtes, alors que les techniques connues visent à supprimer des sommets. Comme on le verra par la suite, cette approche peut  
15 permettre de simplifier les traitements (par exemple : suppression de la phase de retriangulation nécessaire lorsque l'on met en œuvre une suppression de sommets) et d'optimiser la qualité du résultat (notamment : prise en compte de la courbure, position du sommet résultant de la fusion d'arêtes,...).

De façon avantageuse, le procédé comprend une étape de sélection d'une  
20 fusion d'arête à effectuer, parmi toutes les fusions d'arête possibles, tenant compte :

- d'au moins une information représentative de la courbure définie localement autour de l'arête considérée ;
- d'au moins une information représentative de la dynamique  
25 géométrique définie localement.



La prise en compte de ces deux critères permet, comme on le verra par la suite, d'optimiser le choix des fusions à effectuer, en supprimant en priorité les éléments les moins significatifs perceptuellement.

5 De façon préférentielle, ladite étape de sélection met en œuvre une queue de priorité des arêtes à fusionner, pilotant le processus de décimation, en fonction d'un critère prioritaire, ladite information représentative de la courbure, puis d'un critère secondaire, ladite information représentative de la dynamique géométrique.

Cette hiérarchie de critères permet d'atteindre une bonne efficacité.

10 Avantageusement, ladite étape de sélection gère un seuil de courbure, seules les arêtes ayant une courbure inférieure audit seuil étant considérées pour l'application dudit critère secondaire, ledit seuil étant augmenté lorsqu'aucune arête ne présente plus une courbure inférieure à ce dernier.

15 Selon différents modes de réalisation particuliers, ladite information représentative de la dynamique géométrique peut appartenir au groupe : comprenant :

- longueur de l'arête considérée ;
- une moyenne des surfaces des faces avoisinant ladite arête considérée ;
- une moyenne des longueurs des arêtes adjacentes aux sommets
- 20 formant ladite arête considérée ;
- une combinaison de longueurs d'arêtes et/ou de surfaces de faces ;
- toute autre grandeur caractéristique reliée à la densité locale.

Comme on le verra par la suite, la prise en compte de la longueur de l'arête est une technique simple, et fournissant de très bons résultats.

La décimation peut notamment être interrompue en fonction d'un des critères appartenant au groupe comprenant :

- un taux de compression atteint ;
- une complexité géométrique atteinte, exprimée par un nombre de sommets ou de faces ;
- un seuil de courbure atteint.

De façon avantageuse, le procédé de l'invention comprend également une étape de pseudo-optimisation, après ladite étape de décimation par fusion d'une arêtes, assurant le positionnement du sommet résultant de ladite fusion de manière à réduire la déviation géométrique entre ledit maillage source M et ledit maillage simplifié M'.

Ladite étape de pseudo-optimisation peut avantageusement consister à dénombrer les arêtes vives autour des deux sommets formant l'arête à fusionner, et à distinguer les deux cas suivants :

- si les nombres d'arêtes vives sont les mêmes autour des deux sommets, on place le sommet résultant de la fusion au milieu du segment reliant lesdits sommets ;
- si les nombres d'arêtes vives sont différents, on place le sommet résultant de la fusion sur le sommet présentant le plus grand nombre d'arêtes vives.

Selon un premier mode de mise en œuvre de l'invention, le procédé de simplification d'un maillage source constitue une étape d'initialisation d'un procédé d'optimisation géométrique d'un maillage.

L'invention concerne également un tel procédé d'optimisation géométrique d'un maillage source. comprenant une étape d'initialisation mettant en œuvre le procédé de simplification décrit ci-dessus.

5 Selon un second mode de mise en œuvre de l'invention, le procédé de simplification d'un maillage source peut être utilisé seul.

## 5. Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des  
10 dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 illustre le principe d'une fusion d'arête ;
- la figure 2 illustre le principe de la queue de priorité combinant la courbure et la dynamique géométrique définies localement, selon l'invention ;
- 15 - la figure 3 illustre le dénombrement des arêtes vives autour d'un sommet du maillage ;
- la figure 4 présente le principe de la pseudo optimisation entre fusion d'arêtes, selon l'invention.

## 6. Description d'un mode de réalisation de l'invention

### 20 6.1. Simplification géométrique

Ainsi qu'indiqué précédemment, l'invention concerne notamment une nouvelle technique de simplification d'un maillage 3D, reposant sur la mise en œuvre d'une queue de priorité combinant la courbure locale et la dynamique géométrique locale. Cette technique présente notamment  
25 l'avantage de conserver jusqu'à un niveau élevé de décimation, les

singularités sur les maillages. Elle possède de plus une vitesse d'exécution intéressante.

5 Selon l'invention, on construit une queue de priorité gérant l'opérateur topologique de fusion d'arêtes. Cette queue de priorité combine les critères de courbure locale et de dynamique géométrique locale, afin d'exploiter au mieux le degré de liberté donné par l'ordre des transformations à réaliser sur le maillage.

10 La simplification d'un maillage M consiste à construire un maillage M' de complexité géométrique réduite, qui conserve une faible déviation géométrique avec M.

15 L'algorithme de simplification géométrique doit permettre de spécifier une résolution géométrique au sommet prêt. Pour cela, on choisit un opérateur topologique élémentaire de simplification présentant de bonnes propriétés : conservation de la topologie dans une certaine mesure de décimation, et absence de création de trous sur les surfaces, et conservation des orientations.

Cet opérateur topologique élémentaire est la fusion d'arêtes, tel que défini par exemple par HOPPE (document déjà cité) qui est illustré en figure 1.

20 La fusion d'arêtes 10 consiste à fusionner les deux sommets adjacents 11 et 12 en un sommet 13, à supprimer les deux faces 14 et 15 et à positionner le sommet 13 résultant de la fusion. On notera que cette transformation est réversible (possibilité d'insertion 16 d'un sommet).

25 Chaque transformation élémentaire décime le maillage approximant M'. La qualité de l'approximation se dégrade donc au cours

de la décimation, ou reste au mieux invariante. Afin de limiter les dégradations apportées au maillage, on souhaite bien sûr effectuer tout d'abord les transformations affectant le moins possible le modèle.

5 Pour cela, on définit une queue de priorité contenant toutes les transformations réalisables sur le maillage (soit approximativement le nombre d'arêtes). Durant la décimation, la transformation de moindre coût de la queue de priorité est réalisée, puis supprimée de la queue. Le coût dans le voisinage modifié par l'opération précédente est alors recalculé, et les nouvelles transformations potentielles sur le maillage sont insérées  
10 dans la queue de priorité, après en avoir calculé le coût.

Les singularités géométriques, qui sont des parties très informatives, doivent être conservées le plus longtemps possible pendant la décimation. En particulier, les régions de forte courbure apparaissent comme très informatives. En conséquence, le premier critère de tri sur les  
15 transformations élémentaires est donc lié à la courbure locale autour de l'arête à fusionner.

On appelle courbure  $C(X_i)$  autour d'un sommet  $X_i$  l'angle maximal entre les normales à deux faces adjacentes autour du sommet  $X_i$ . On appelle ensuite courbure autour d'une arête (repérée par deux sommets  $X_i$  et  $X_j$ ) la moyenne de ces critères évaluée en chaque sommet.  
20

Un second critère basé sur la longueur de l'arête à fusionner, permettant de réduire la densité géométrique du maillage et d'obtenir un bon rapport d'aspect sur les triangles résultants, est mis en œuvre.

On peut également utiliser une formule usuelle représentative de la compacité. Cependant, la longueur de l'arête à fusionner présente les avantages :

- 5                   - de fournir un maillage de densité uniforme dans les régions de courbure voisine ;
- de conserver une bonne compacité des triangles, puisque ce critère tend à créer des triangles équilatéraux ;
- de présenter un faible coût de calcul.

10               En d'autres termes, la queue de priorité selon l'invention repose simultanément sur la prise en compte des deux aspects suivants :

- un petit triangle n'est intéressant que dans une région hautement informative (soit une région de forte courbure) ;
- il est souhaitable de réduire la densité d'un maillage afin d'en réduire sa complexité.

15               Les deux critères pris en compte selon l'invention sont combinés de manière à obtenir le comportement illustré par la figure 2. Cette figure est une échelle de la courbure, graduée de 0 à  $\pi$ , en radians.

20               Sur les régions de faible courbure 21, inférieures au premier seuil 22, la densité est réduite, et la compacité obtenue est raisonnable, puisque les arêtes de longueur minimale sont fusionnées.

                  Le seuil définissant une faible courbure est ensuite augmenté (23), lorsqu'il n'y a plus de transformation possible sur le segment de faible courbure 21.

Ainsi, sur les niveaux de décimation les plus faibles, la contrainte de courbure est automatiquement relâchée, afin d'atteindre la complexité géométrique fixée.

5 La queue de priorité possède donc deux niveaux de contrainte, organisés suivant une hiérarchie : la courbure en est le critère prioritaire, et la densité en est le critère secondaire.

## 6.2 Pseudo-optimisation

Après une opération de fusion d'arêtes, on s'autorise à placer le sommet résultant de la fusion sur la position de l'optimum probable.

10 Pour cela, on introduit la notion d'arête vive : une arête est vive lorsque l'angle formé par les normales aux deux faces adjacentes est supérieur à un seuil fixé paramétrable. On dénombre ensuite le nombre d'arêtes vives autour des sommets de l'arête à fusionner, ainsi que cela est illustré en figure 3. Le sommet 31 n'est associé à aucune arête vive, le sommet 32 à deux arêtes vives et le  
15 sommet 33 à trois arêtes vives.

On déduit de ce dénombrement deux cas pour l'initialisation, ainsi que cela est illustré en figure 4 :

- si les nombres d'arêtes vives autour de  $X_a$  et autour de  $X_b$  sont identiques, on effectue l'initialisation au milieu du segment formant  
20 l'arête à fusionner. Sur les zones planes de faible courbure, cela permet de conserver une bonne compacité sur les triangles voisins. Sur une arête vive régulière (nombres d'arêtes vives égaux à 2), cela permet de positionner le sommet proche de l'arête vive qui sera conservé au cours de l'optimisation ;

- si les nombres d'arêtes vives autour de  $X_a$  et autour  $X_b$  sont différents, l'initialisation est effectuée sur le sommet présentant le plus grand nombre d'arêtes vives. Dans les cas les plus courants, l'optimum est atteint à partir de cette position initiale.

5            Dans l'exemple de la figure 4, dans lequel le maillage source correspond à un parallélépipède 41, on constate que cette heuristique place le sommet :

- sur le coin du parallélépipède lorsque l'arête à fusionner forme un coin 43 ;
- et sur l'arête vive régulière du parallélépipède lorsque  
10            l'arête commence sur la région plane et se termine sur l'arête vive 45.

Les situations où le nombre d'arêtes vives est le même autour des deux sommets sont illustrés en 42 et 44.

### 6.3 Applications

15            Comme indiqué précédemment, la technique de simplification de l'invention (avec ou sans la pseudo optimisation) peut être mise en œuvre seule, pour offrir une technique d'approximation de maillage, ou comme une étape d'initialisation d'une procédure plus complète d'optimisation géométrique, telle que par exemple celle décrite dans la demande de brevet FR-98 13090, déjà citée.



## REVENDICATIONS

1. Procédé de simplification d'un maillage source M formé d'une pluralité de surfaces définies par des sommets, des faces et des orientations sur ces dernières, caractérisé en ce qu'il met en œuvre une étape de décimation par fusion d'arête,  
5 consistant à ramener une arête à décimer, définie par deux sommets (11, 12), à un sommet unique (13) se situant sur le segment défini par ladite arête à décimer, de façon à obtenir un maillage simplifié M'.
2. Procédé de simplification d'un maillage source selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de sélection d'une fusion d'arête à  
10 effectuer, parmi toutes les fusions d'arête possibles, tenant compte :
  - d'au moins une information représentative de la courbure définie localement autour de l'arête considérée ;
  - d'au moins une information représentative de la dynamique géométrique définie localement.
- 15 3. Procédé de simplification d'un maillage source selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite étape de sélection met en œuvre une queue de priorité des arêtes à fusionner, pilotant le processus de décimation, en fonction d'un critère prioritaire, ladite information représentative de la courbure, puis d'un critère secondaire, ladite information représentative de la dynamique géométrique.
- 20 4. Procédé de simplification d'un maillage source selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite étape de sélection gère un seuil de courbure, seules les arêtes ayant une courbure inférieure audit seuil étant considérées pour l'application dudit critère secondaire,  
ledit seuil étant augmenté lorsqu'aucune arête ne présente plus une courbure  
25 inférieure à ce dernier.

5. Procédé de simplification d'un maillage source selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ladite information représentative de la dynamique géométrique appartient au groupe comprenant :
- longueur de l'arête considérée ;
  - 5        - une moyenne des surfaces des faces avoisinant ladite arête considérée ;
  - une moyenne des longueurs des arêtes adjacentes aux sommets formant ladite arête considérée ;
  - une combinaison de longueurs d'arêtes et/ou de surfaces de faces.
- 10    6. Procédé de simplification d'un maillage source selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la décimation est interrompue en fonction d'un de Procédé de simplification d'un maillage source selon la revendication 1, s critères appartenant au groupe comprenant :
- un taux de compression atteint ;
  - 15        - une complexité géométrique atteinte, exprimée par un nombre de sommets ou de faces ;
  - un seuil de courbure atteint.
- 20    7. Procédé de simplification d'un maillage source selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de pseudo-optimisation après ladite étape de décimation par fusion d'une arêtes, positionnant le sommet résultant de ladite fusion de manière à réduire la déviation géométrique entre ledit maillage source M et ledit maillage simplifié M'.
8. Procédé de simplification d'un maillage source selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite étape de pseudo-optimisation consiste à dénombrer les

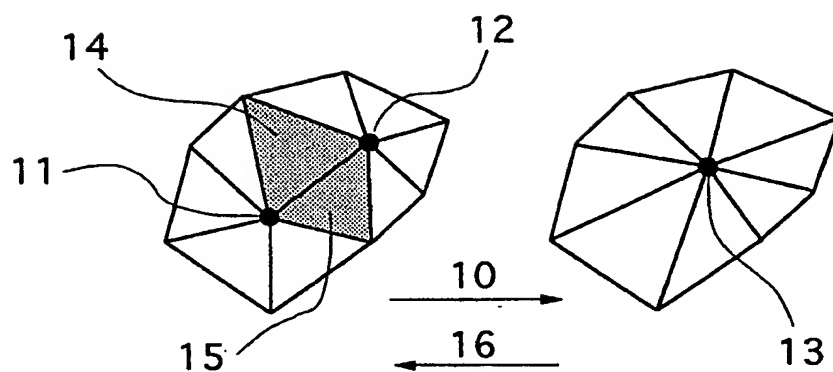
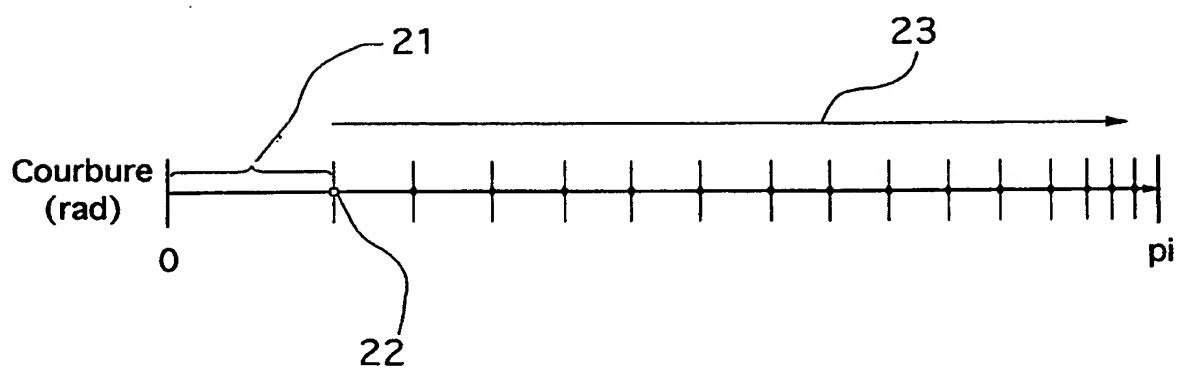
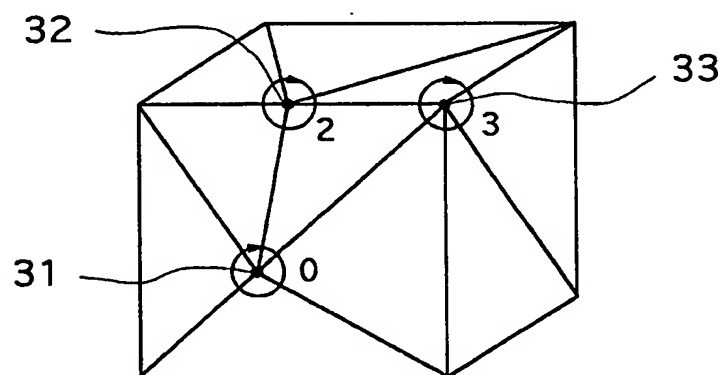
arêtes vives autour des deux sommets formant l'arête à fusionner, et à distinguer les deux cas suivants :

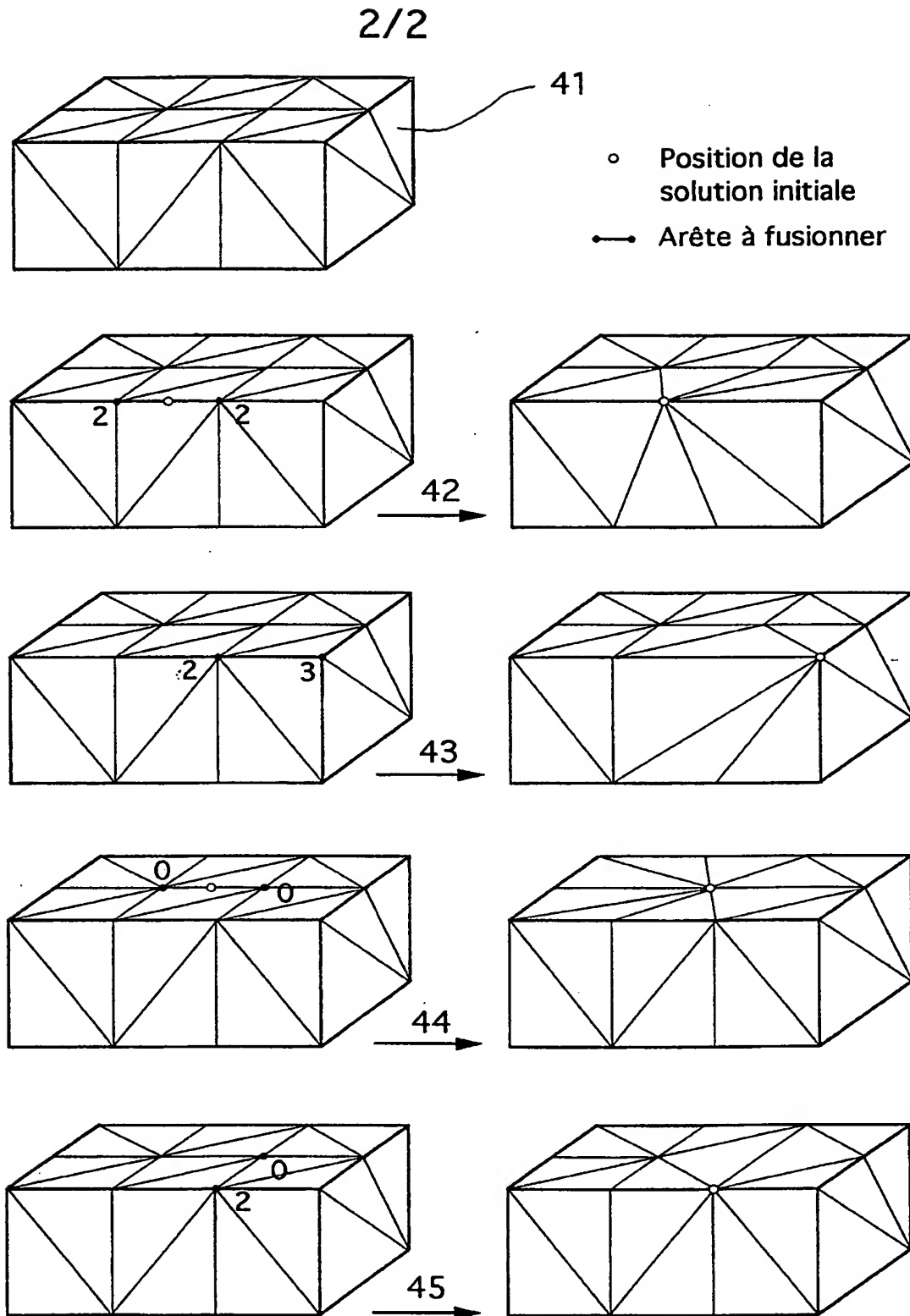
- si les nombres d'arêtes vives sont les mêmes autour des deux sommets, on place le sommet résultant de la fusion au milieu du segment reliant lesdits sommets (42, 44) ;
- si les nombres d'arêtes vives sont différents, on place le sommet résultant de la fusion sur le sommet présentant le plus grand nombre d'arêtes vives (43, 45).

9. Procédé de simplification d'un maillage source selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il constitue une étape d'initialisation d'un procédé d'optimisation géométrique d'un maillage.

10. Procédé d'optimisation géométrique d'un maillage source, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'initialisation mettant en œuvre le procédé de simplification de l'une quelconque des revendications 1 à 8.

1/2

Fig. 1Fig. 2Fig. 3

Fig. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/00046

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G06T17/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 590 248 A (ZARGE JONATHAN A ET AL) 31 December 1996 (1996-12-31) column 3, line 13 -column 4, line 59	1-10
X	KLEIN R ET AL: "MESH REDUCTION WITH ERROR CONTROL" VISUALIZATION '96. PROCEEDINGS OF THE VISUALIZATION CONFERENCE, SAN FRANCISCO, OCT. 27 - NOV. 1, 1996, 27 October 1996 (1996-10-27), pages 311-318, XP000704204 YAGEL R;NIELSEN G M page 312, left-hand column, line 38 -page 313, left-hand column, line 37	1-4,7-10

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 March 2000

Date of mailing of the international search report

31/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Burgaud, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/00046

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5590248    A	31-12-1996	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Des. internationale No

PCT/FR 00/00046

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G06T17/20

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 590 248 A (ZARGE JONATHAN A ET AL) 31 décembre 1996 (1996-12-31) colonne 3, ligne 13 -colonne 4, ligne 59	1-10
X	KLEIN R ET AL: "MESH REDUCTION WITH ERROR CONTROL" VISUALIZATION '96. PROCEEDINGS OF THE VISUALIZATION CONFERENCE, SAN FRANCISCO, OCT. 27 - NOV. 1, 1996, 27 octobre 1996 (1996-10-27), pages 311-318, XP000704204 YAGEL R;NIELSEN G M page 312, colonne de gauche, ligne 38 -page 313, colonne de gauche, ligne 37	1-4, 7-10

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 mars 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/03/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Burgaud, C



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Den » Internationale No

PCT/FR 00/00046

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5590248    A	31-12-1996	AUCUN	

**This Page Blank (uspto)**